Aus der Breslauer medizinischen Klinik. (Prof. Dr. von Strümpell.)

Über die Einwirkung der Röntgenstrahlen auf das Wachstum von Bakterien.

Inaugural-Dissertation

welche

nebst beigefügten Thesen

mit Genehmigung der

Hohen medizinischen Fakultät der Kgl. Universität Breslau

zur Erlangung der Doktorwürde

in der

Medizin und Chirurgie

am

Freitag den 20. Oktober 1905, nachm. 4 Uhr

in der

Aula Leopoldina der Universität

öffentlich verteidigen wird

Martin Jastram,

Assistent am Königl. hygienischen Institut der Universität.

Opponenten:

Dr. med. **A. Michalke,** Assistent am Allerheiligen-Hospital.

Drd. med. **W. Kache,** Assistent am Kgl. hygienischen Institut.

Breslau 1905.

Druck der Breslauer Genossenschafts-Buchdruckerei, E. G. m. b. H.

Gedruckt mit Genehmigung der medizinischen Fakultät der Universität Breslau.

Referent: Professor Dr. von Strümpell.

Ponfick, Dekan.

Meinen lieben Eltern

gewidmet.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543101_0109

Als die lebendes Gewebe beeinflussende Eigenschaft der Röntgenstrahlen bekannt geworden war, tauchte naturgemäss bald der Gedanke auf, dieselben zur Heilung von Krankheitsprozessen innerer Organe heranzuziehen. Die notwendige experimentelle Grundlage musste geschaffen werden durch den Nachweis, dass Bakterienkulturen durch Röntgenbestrahlung in ihrem Wachstum gehemmt oder vollständig abgetötet werden, oder dadurch, dass die Gewebe durch Röntgenstrahlen reaktiv beeinflusst werden könnten, wodurch es dann sekundär zu einer Abschwächung resp. Vernichtung von Krankheitserregern kommen könnte.

Versuche in ersterer Hinsicht wurden schon kurz nach Entdeckung der Röntgenstrahlen angestellt. Seitdem sind sie von verschiedenen Autoren wiederholt worden, ohne dass es bisher zu übereinstimmenden Resultaten gekommen ist.

Da in den letzten Jahren eine sichere Einwirkung der Röntgenstrahlen auf innere Organe (Milz, Lymphdrüsen, Lymphfollikel des Darmes, Hoden) nachgewiesen worden ist, ist ohne Zweifel die Frage, ob eine Einwirkung der Röntgenstrahlen auf Bakterien statt hat oder nicht, in den Vordergrund des Interesses getreten.

Ehe ich über eigene in dieser Richtung angestellte Versuche berichte, sei es mir an dieser Stelle gestattet, die in der Literatur niedergelegten Arbeiten über oben erwähnte Frage in kurzer kritischer Zusammenfassung zu referieren.

I. Literarischer Teil.

Einer der ersten, die sich mit dieser Frage beschäftigten, war Minck. Nachdem er bereits im Jahre 1892 auf Buchners Anregung hin den Einfluss des Lichts auf Bakterien studiert und festgestellt hatte, dass direktes Sonnenlicht innerhalb eines Zeitraums von zehn Minuten bis zu einer Stunde, diffuses Tageslicht in 5—7 Stunden und elektrisches Licht innerhalb von acht Stunden Bakterien abzutöten vermögen, machte er sich vier Jahre später daran, zu untersuchen, ob eine analoge Eigenschaft der Röntgenstrahlen vorhanden wäre.

Er legte in Petrischalen drei Agarplatten von einer drei Tage alten Typhus-Bouillonkultur an, indem er sie gleichmässig mit je einer Öse Kultur beschickte. Eine dieser Petrischalen wurde, nachdem der Glasdeckel abgehoben und dieselbe mit einem desinfizierten Bleikreuz von ca. 3 mm Dicke sowie, um den Einfluss leuchtender Strahlen auszuschliessen, mit einer Hartgummiplatte bedeckt war, $\frac{1}{2}$ Stunde lang einer birnförmigen Hittorfschen Röhre exponiert, und zwar eine Stunde nach dem Anlegen der Kulturen. Die Kultur befand sich 10 cm unterhalb des dicken Endes der Hittorfschen Röhre. Nach der Bestrahlung wurden alle drei Schalen in den Brutschrank von 37° C. gebracht.

Nach vierzehnstündigem Aufenthalt derselben im Brutschrank zeigte sich, dass eine Beeinflussung der Bakterien nicht stattgefunden hatte: es waren zahllose Kolonien gewachsen.

Minck wiederholte denselben Versuch noch einmal, jedoch mit der Modifikation, dass er die Bakterien weniger dicht aussäte. Die Bestrahlung dauerte nur fünf Minuten.

Das Resultat war nicht absolut negativ. In den bestrahlten Partien waren zwar ebenfalls Kolonien gewachsen, jedoch in weit geringerer Anzahl als in den nicht bestrahlten. Die Grenze zwischen bestrahlten und nicht be-

strahlten Teilen der Platte war jedoch nicht scharf ausgeprägt.

Die Tatsache nun, dass die baktericid wirkenden Bestandteile des Lichts die violetten und ultravioletten, also die chemisch wirksamen Strahlen sind (cf. Dieudonné, Arbeiten aus dem kaiserl. Gesundheitsamt, Bd. IX, p. 405 ff.), die Röntgenstrahlen aber, wie ihre Wirkung auf die photographische Platte zeigt, ebenfalls ähnliche chemische Eigenschaften haben, legte die Annahme nahe, dass auch sie bakterientötende Eigenschaften entfalten müssten.

Minck stellte deshalb noch einen Versuch in dieser Richtung an, jedoch abermals mit negativem Erfolge.

Er besäte Agarplatten mit Typhuskultur, bedeckte sie mit einem Bleikreuz und einer Hartgummiplatte und setzte sie 2—8 Stunden den Röntgenstrahlen aus.

Nach fünfzehnstündigem Aufenthalt im Brutschrank war ein deutlicher Wachstumsunterschied zwischen bestrahlten und nicht bestrahlten Kulturen nicht festzustellen.

Denselben negativen Erfolg hatten Beck und Schultz zu verzeichnen. Sie experimentierten mit Farbstoff produzierenden Bakterien: Bac. pyocyaneus, Bac. prodigiosus, Bac. der blauen Milch, Staphylococcus aureus, auch Bact. coli wurde von ihnen verwandt.

Sie legten von obengenannten Bakterien möglichst dünne Kolonien auf Agar in Petrischalen an und setzten sie in einem Abstand von 25 cm von der Röntgenröhre den Strahlen derselben im ersten Versuch 20 Minuten, im zweiten Versuch $2^1/_2$ Stunden lang aus. Vor der Bestrahlung wurde der Glasdeckel entfernt und durch weisses Papier ersetzt, um die strahlenschwächende Wirkung des Glases auszuschalten und durch das Papier die Platte vor Verunreinigung durch Luftkeime zu schützen. Um bestrahlte und nicht bestrahlte Partien nebeneinander zu haben, wurde die Hälfte der Platte mit einem Bleideckel bedeckt. Der Induktor des verwandten Apparates hatte eine Funkenlänge von 12 cm, die Röhre war von der Berliner Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft hergestellt.

Nachdem die Platten 24 bis 48 Stunden im Brutschrank gestanden hatten, zeigten die bestrahlten Teile derselben keinen Unterschied gegenüber den nicht bestrahlten, sowohl hinsichtlich des Wachstums wie auch hinsichtlich der Farbstoffbildung.

Zu denselben negativen Resultaten kam Berton. Er verwandte Diphtheriebazillen, von denen er Bouillonkulturen anlegte und diese erheblich länger bestrahlte, nämlich 16, 32 und 64 Stunden lang. Die bestrahlten Kulturen säte er in Bouillon aus und injizierte sie, um die Virulenz zu prüfen, Meerschweinchen. Mit nicht bestrahlten Testkulturen wurden ebenfalls Meerschweinchen geimpft.

Die bestrahlten Kulturen wuchsen ebenso schnell und üppig wie die nicht bestrahlten, auch hinsichtlich der Virulenz zeigte sich kein Unterschied. Die mit der Testkultur geimpften Meerschweinchen gingen nicht schneller ein als die mit den bestrahlten Kulturen behandelten Tiere.

Zu ganz anderen Resultaten kamen Lortet und Genoud, die einen entwicklungshemmenden Einfluss der Röntgenstrahlen auf experimentelle Tuberkulose feststellten.

Sie injizierten acht Meerschweinchen von gleichem Alter und Gewicht eine sterile Flüssigkeit, in der die Milz eines tuberkulösen Meerschweinchens zerrieben war, in die rechte Leistengegend. Nach zwei Tagen wurden drei Tiere auf Brettchen ausgespannt und die Impfstelle den Röntgenstrahlen zwei Monate lang täglich eine Stunde lang ausgesetzt.

Nach etwa drei Wochen entstanden bei den fünf nicht bestrahlten Tieren an den Impfstellen sich spontan öffnende Lymphdrüsenabszesse, aus denen weisslicher Eiter abfloss. Die Leistendrüsen der kranken Seite waren weich und teigig.

Die drei bestrahlten Tiere dagegen blieben vollkommen gesund: sie bekamen keine Abszesse, ihre Leistendrüsen blieben hart und gut abgrenzbar. Sie nahmen an Gewicht zu, während die nicht behandelten Tiere sichtlich abmagerten.

Ganz anders waren wiederum die Resultate Sormanis. Er bestrahlte die Kulturen zahlreicher Bakterienarten in einer Entfernung von 2—5 cm sechs und mehr Stunden lang ohne jeden Erfolg. Er sah einen Einfluss der Röntgenstrahlen weder auf die Schnelligkeit und Art der Entwicklung, noch auf die Gasbildung oder Erzeugung von Farbstoffen resp. Fluoreszenz noch auf die Virulenz.

Zu demselben Ergebnis kam Blaikie, der trotz sehr langen Einwirkens der Röntgenstrahlen auf Bakterien einen Einfluss nicht feststellen konnte, während Bonomo und Gros eine Abnahme der Virulenz verschiedener Mikroorganismen durch langdauernde Einwirkung von Röntgenstrahlen konstatierten.

In auffallendem Gegensatz dazu stehen die Resultate zweier französischer Autoren, über deren Untersuchungen Dollinger berichtet, und die zu demselben überraschenden Ergebnis kamen wie die weiter unten zu erwähnenden englischen Forscher Wolfenden und Forbes-Ross. Nach ihnen wohnt den Röntgenstrahlen eine das Wachstum von Pflanzensamen beschleunigende Wirkung inne. Sie zogen folgende Pflanzensamen in den Kreis ihrer Untersuchung und bestrahlten sie täglich eine Stunde lang (wie lange Zeit hindurch ist nicht angegeben): Ranke (Convolvulus arvensis), Brunnenkresse (Lepidium sativum) und Hirse (Panicium miliaceum). Das Ausschlagen derselben trat mehrere Tage früher ein als bei nicht bestrahlten Samen.

An derselben Stelle erwähnt Dollinger die Arbeiten weiterer vier französischer Autoren, von denen Bauregard und Guichard mit den verschiedenartigsten Mikroorganismen experimentierten, Blaise und Sambuc Kulturen vom Bac. pyocyaneus und Milzbrand 60 Minuten bis zu 3 Stunden bestrahlten, aber mit übereinstimmend negativem Erfolge.

Ausgesprochen positiv waren wiederum die Resultate zweier italienischer Forscher, Fiorentini und Luraschi, die sich mit der Wirkung der Röntgenstrahlen auf experimentell hervorgerufene Tuberkulose beschäftigten.

Sie injizierten sechs Meerschweinchen je 1 ccm Tuberkulinbouillonkultur in die Bauchhöhle. Drei Tiere wurden acht, sieben und vier Tage lang mit Röntgenstrahlen behandelt (etwas Näheres über die Versuchsanordnung ist nicht angegeben). Eins starb an Tuberkulose, die beiden anderen wurden nach 68 Tagen mit den unbestrahlten Kontrolltieren getötet. Es wurden zwar sämtliche Tiere tuberkulös gefunden, eins hatte jedoch nur kleine Knötchen in den Inguinaldrüsen.

In einer zweiten Versuchsreihe impften sie zehn Meerschweinchen mit Tuberkulosekulturen: Tier No. 1, mit 1 ccm geimpft, wurde 31 Tage lang, Tier No. 2, dem $^1/_2$ ccm injiziert worden war, zehn Tage nach der Impfung 22 Tage lang mit Röntgenstrahlen behandelt. Die acht unbestrahlt gelassenen Kontrolltiere starben innerhalb von 15 bis 30 Tagen an Tuberkulose.

Nach 55 Tagen wurde das mit 1 ccm Kultur geimpfte Meerschweinchen getötet; es fanden sich bei ihm Tuberkeln, das andere Tier (No. 2) war $3^1/_2$ Monate nach der Impfung noch am Leben.

Absolut negativ waren wiederum die Resultate von Sabrazès und Rivière. Sie bestrahlten Kulturen vom Bac. prodigiosus mit einem Röhrenabstand von 15 cm 20 Tage lang täglich eine Stunde. Um die Lichtstrahlen auszuschalten, hatten sie die Platten mit schwarzem Papier bedeckt. Eine Wachstumshemmung der Kulturen hatte nicht stattgefunden.

Der erste, der mit einer ganzen Reihe positiver Resultate an die Öffentlichkeit trat, war Rieder. Bewogen wurde er zu seinen Untersuchungen durch die Tatsache, dass eine entwicklungshemmende Wirkung des Sonnenlichts auf pathogene Bakterien stattfindet, in der Hoffnung, dass die bakteriziden Kräfte des Organismus dadurch, dass die Röntgenstrahlen die in demselben befindlichen Mikroorganismen in ihrer Entwicklung zu hemmen imstande seien, unterstützt werden könnten. Er stellte in seinen Versuchen fest, dass pathogene Bakterien ausserhalb des Tierkörpers

auf geeignetem Nährboden durch die Einwirkung der Röntgenstrahlen in verhältnismässig kurzer Zeit ihr Wachstumsvermögen einbüssen.

Rieder verwandte zu seinen Untersuchungen einen von der Münchener Voltohmgesellschaft gebauten Apparat mit einem Induktor von 30 cm Funkenlänge und einer Unterbrechungszahl von 300 in der Minute. Er benutzte eine nicht regulierbare Vakuumröhre, die durch Einschaltung von Pausen vor Erwärmung und Überanstrengung geschützt wurde. Die Entfernung zwischen Antikathode und Kultur betrug 10 cm. Die Kulturen wurden in Petrischalen bestrahlt, von denen, um eine ungeschwächte Wirkung der Strahlen auf die Bakterien zu erzielen, der Glasdeckel abgenommen war. Die Schalen waren mit einem Bleideckel, der einen zentralen Ausschnitt hatte, versehen, über den ein Stück schwarzen Papiers geklebt war, damit der Einfluss der leuchtenden Strahlen ausgeschaltet sei.

Die Versuche erstreckten sich auf die Bestrahlung bereits entwickelter Kolonien und auf die Belichtung von Bakterienaussaaten sofort nach dem Anlegen der Platten und gestalteten sich im einzelnen folgendermassen:

I. Bestrahlung verschiedener Bakterienaussaaten.

1. Choleravibrionen, mit Agar gemischt, in zwei Platten gegossen. Eine davon wird 45 Minuten lang bestrahlt, die andere nicht und dient als Kontrollplatte.

Resultat: Auf der bestrahlten Platte entwickeln sich weniger Kolonien als auf der Kontrollplatte.

2. Derselbe Versuch wird wiederholt, die Petrischale ist jedoch mit einer Bleiplatte versehen, die einen zentralen Ausschnitt von 9 cm hat.

Resultat: Das dem Ausschnitt entsprechende Stück wird frei von Kolonien befunden, der periphere, von Blei bedeckte Teil enthält massenhaft Kolonien; die bestrahlten und nicht bestrahlten Partien grenzen sich scharf voneinander ab.

3. Cholerabouillon, auf eine Agarplatte ausgegossen.

Resultat: Innerhalb der bestrahlten Partien finden sich nur einige grosse Kolonien, sonst ist das Wachstum fast vollständig gehemmt.

4. Bacterium coli, eine Stunde lang bestrahlt, dann 36stündiger Aufenthalt im Brutschrank von 21° C.

Resultat: Im Zentrum der Platte, entsprechend dem Ausschnitt des Bleideckels, sind bedeutend weniger Kolonien gewachsen als in der Peripherie.

5. Staphylococcus pyogenes aureus: Die Bestrahlungszeit ist etwas kürzer.

Resultat: Entsprechend dem Ausschnitt des Bleideckels sieht man in der Mitte der Platte ein helles, quadratisches Feld, während die dichtbewachsene Peripherie grauweiss aussieht.

6. Streptococcus pyogenes: Bestrahlungszeit ca. 40 Minuten.

Resultat: Innerhalb des Bleiplattenausschnittes sind die Kolonien spärlicher gewachsen als in der Peripherie.

7. Diphtheriebazillen, mittelst Bouillonaufschwemmung auf die Oberfläche einer Serumplatte übertragen. Die Bestrahlungszeit beträgt nahezu eine Stunde.

Resultat: Nach zweitägigem Aufenthalt im Brutschrank von 37° C. sind in den zentralen Teilen der Platte weniger Kolonien aufgegangen als in der Peripherie.

8. Typhus und Milzbrand, auf die Oberfläche von Agarplatten ausgesät.

Resultat: Die bestrahlten Teile sind nahezu frei von Kolonien.

II. Bestrahlung bereits entwickelter Kolonien.

1. Eine mit Cholerakulturen bedeckte Agarplatte, mit zentral ausgeschnittenem Bleideckel versehen, wird 48 Stunden lang bestrahlt.

Resultat: Die den bestrahlten und nicht bestrahlten Teilen entnommenen und in Bouillon übertragenen Bakterien vermehren sich in gleicher Weise.

2. Eine frische Cholerabouillonkultur wird in 5 mm dicker Schicht in einem niederen, mit Papier bedeckten Glasgefäss zwei Stunden lang bestrahlt. Neben diesem Schälchen wird in etwas grösserer Entfernung seitlich von der Röhre

ein gleiches Gefäss so aufgestellt, dass es nur teilweise von den Röntgenstrahlen getroffen wird. Vor und nach der Bestrahlung werden Gelatineplattenkulturen in verschiedener Verdünnung angelegt.

Resultat: Die dem unmittelbaren Röntgenlicht ausgesetzt gewesenen Bakterien gingen bei der Aussaat nicht an, die dem zweiten Schälchen entnommenen wuchsen nur bei direkter Entnahme einer Platinöse, Verdünnungsplatten blieben steril.

3. Eine Koligelatineplatte die 24 Stunden im Brutofen gewesen ist, wird eine Stunde lang den Röntgenstrahlen ausgesetzt, dann wieder in den Brutofen gestellt.

Resultat: Am folgenden Tage finden sich in den bestrahlten Teilen der Platte halb soviel Kolonien wie in den nicht bestrahlten, beide sind jedoch gleich gross. Der Bleiausschnitt ist auf der Platte ausgeprägt, jedoch nicht so deutlich wie nach der Bestrahlung frischer Bakterienaussaaten.

4. Eine in dünner Schicht ausgegossene Kolibouillonkultur wird zwei Stunden lang bestrahlt, dann von ihr sowohl wie von einer unbestrahlten Kontrollkultur je drei Gelatineplatten in verschiedener Verdünnung angelegt.

Resultat: Auf der von den unbestrahlten Kulturen angelegten Platte 1 wuchsen unzählbar viele, auf Platte 2 erheblich weniger und auf Platte 3 vereinzelte Kolonien, während auf der von den bestrahlten Bakterien angelegten Platte 1 mässige Mengen, auf Platte 2 nur vereinzelte Kolonien (so spärlich wie auf Platte 3 der Kontrollkulturen) wuchsen und Platte 3 steril blieb.

5. Acht Gläschen von 5 cm Durchmesser und weiter Öffnung werden mit Fleischextrakt-Glycerin-Peptonlösung beschickt, sterilisiert und mit einem dünnen Häutchen einer frischen Tuberkelbazillenkultur besät. Vier Gläschen werden in einer Blechbüchse über eine Stunde lang bestrahlt. Dann kommen alle acht Gläschen in den Brutofen von 37° C.

Resultat: In den unbestrahlten Gläschen findet sich acht Tage nach der Bestrahlung gutes Wachstum, während

in drei der unbestrahlten Gläschen das Häutchen untersinkt und in dem vierten nur noch eine Spur Wachstum vorhanden ist.

In einer weiteren Arbeit kam Rieder ebenfalls zu durchaus positiven Resultaten.

Bei seinen vorigen Versuchen hatte er, um die Röhren vor Überanstrengung und zu grosser Erwärmung zu schützen, den Strom in gewissen Zeiträumen manuell ausgeschaltet. Da ihm dies zu umständlich war, benutzte er jetzt einen selbsttätigen Unterbrecher in Gestalt eines Metronoms. Er rechnete die Hälfte der Zeit auf Unterbrechung und die Hälfte auf Bestrahlung. Der Vorteil dieser Einrichtung besteht, wie Verf. sagt, hauptsächlich darin, dass hierdurch die Möglichkeit der Einwirkung sehr intensiver Strahlen gegeben ist.

Dass die Wärmestrahlen nicht das wirksame Prinzip bei der bakteriziden Wirkung der Röntgenstrahlung darstellten, hatte Rieder schon in seiner vorigen Arbeit ausgeschlossen, denn es waren weder die Röhren warm gefunden worden, noch war jemals eine Verflüssigung der Gelatine eingetreten. Dass die Wirkung etwa auf chemischen Veränderungen des Nährbodens beruhte, erschien dadurch ausgeschlossen, dass etwa erhalten gebliebene Kulturen sehr üppig weiter wuchsen. Auch Luftkeime oder nachträglich auf die bestrahlten Nährböden übertragene Bakterienkeime gediehen ganz vorzüglich.

Er ging nunmehr daran, auch die Wirkung der Elektrizität auszuschalten. Zu diesem Zwecke benutzte er einen Staniolschirm von 400 qcm Fläche, den er in einen Holzrahmen einspannte, zwischen Vakuumröhre und Bakterienplatte brachte, ohne dass er diese berührte, und ihn durch Metalldraht und Klemmen mit der Wasserleitung verband. Das Staniol war nur so dick, dass die Strahlen wenig durch dasselbe abgeschwächt wurden, was sich durch Prüfung mit dem Fluoreszenzschirm ergab.

Dass die Ableitung der Elektrizität eine genügende war, ging daraus hervor, dass, wenn man bei eingeschal-

tetem Strom die Staniolplatte oder den Metalldraht mit der Hand berührte, eine Elektrizitätsempfindung nicht zustande kam, selbst wenn man von der Röhre direkt Funken auf den Schirm überschlagen liess.

Verwendet wurden bei diesen Versuchen Cholera- und Diphtheriebouillonkulturen, die auf Agar- bezw. Serumplatten ausgegossen wurden. Die Schalen waren wiederum mit einem zentral ausgeschnittenen Bleideckel und mit lichtdichtem Papier bedeckt.

Um nun den Einfluss der Elektrizität auf das Bakterienwachstum zu prüfen und bei negativem Ausfall des Versuchs dadurch darzutun, dass nur die Röntgenstrahlen das wirksame Prinzip darstellen, brachte Rieder mit frischen Bakterienaussaaten beschickte und mit dem ausgeschnittenen Bleideckel versehene Petrischalen unter die Stelle der Röntgenröhre, die der Einschmelzungsstelle der Kathodenzuleitung entspricht, sowie in die Nähe des Induktors und exponierte sie, vor dem Einfluss der Röntgenstrahlen durch Bleiplatten geschützt, mehrere Stunden. Durch denselben Versuch wurde zugleich ein etwaiger Einfluss des Ozons geprüft.

Das Ergebnis sprach in allen Fällen durchaus für eine baktericide Wirkung der Röntgenstrahlen. In den Versuchen, bei welchen der Staniolschirm verwandt wurde, gelang die Abtötung der Bakterien fast ebenso gut wie ohne denselben. Die Platten, die der Elektrizitäts- und Ozonwirkung ausgesetzt gewesen waren, zeigten nach hinreichend langem Aufenthalt im Brutschrank ungehemmtes Kolonienwachstum.

Nicht minder positiv waren die Resultate Rieders in seiner dritten Arbeit. Er benutzte einen Voltohmapparat mit einem Funkeninduktor von 60 cm Funkenlänge, elektrolytischem Unterbrecher und Voltohmröhren. Um die durch Verwendung des elektrolytischen Unterbrechers sehr angestrengten Röhren zu schonen, schaltete er bei jedem Versuche vier Röhren nacheinander ein, und zwar so, dass jede Röhre $^1/_4$ Minute in Anwendung kam.

Die Bakterienplatten befanden sich durchschnittlich in einem Abstand von 10—12 cm von der Antikathode und waren, wie bei den vorigen Versuchen, mit einer zentral ausgeschnittenen Bleiplatte bedeckt.

Als Versuchsbakterien wurden Cholera-, Prodigiosus- und Kolibazillen verwandt.

Die einzelnen Versuche gestalteten sich folgendermassen:

1. Cholerabazillen (Oberflächenaussaat auf Agar) wurden 30 Minuten lang bestrahlt, wozu wegen des häufigen Aus- und Einschaltens der Röhren fast drei Stunden nötig sind. Die Petrischalen waren ausser dem obenerwähnten zentral ausgeschnittenen Bleideckel auch mit einer ebensolchen Hartgummiplatte versehen, um das Überspringen von Funken bei Benutzung härterer Röhren zu verhüten.

Resultat: Innerhalb der zentralen, dem Bleideckelausschnitt entsprechenden Teilen der Platte ist nur eine einzige Kolonie gewachsen, alle übrigen Kolonien sind in ihrem Wachstum vollkommen gehemmt. Die einzige aufgegangene Kolonie zeigte normales Verhalten, färberisch sowohl wie mikroskopisch.

2. Cholerabazillen, Oberflächenaussaat auf Agar.

Anstatt des zentral ausgeschnittenen Hartgummideckels ist eine solide Hartgummiplatte verwandt, um die Wirkung des Fluoreszenzlichtes, der Wärme und des Ozons auszuschliessen.

Die Bestrahlungszeit beträgt wiederum 30 Minuten, wozu durch das Aus- und Einschalten der Röhren zwei Stunden nötig sind.

Resultat: Nach ausreichend langem Aufenthalt im Brutofen von 37° C. sind in den zentralen, dem Einfluss der Röntgenstrahlen ausgesetzt gewesene Partien alle Bakterien abgetötet, in den peripheren jedoch findet normales Kolonienwachstum statt.

Auch der Nährboden zeigt eine Veränderung: er ist in dem bestrahlten Gebiet durchsichtiger und heller geworden,

hat jedoch, wie Überimpfungsversuche beweisen, seine Nährfähigkeit nicht eingebüsst.

3. Cholerabazillen, Tiefenaussaat auf Agar.

Die Versuchsanordnung ist dieselbe wie beim vorigen Versuch, ebenso das Resultat: nach ca. 42 Stunden waren in den bestrahlten Partien noch keine Kolonien aufgegangen.

4. Cholerabazillen (Oberflächenaussaat auf Agar) werden 20 Minuten lang bestrahlt, wozu zwei Stunden gebraucht werden.

Um die Wirkung der Elektrizität, des Ozons, der Wärme und des Lichts auszuschalten, wird folgende Versuchsanordnung getroffen: Ausser dem ausgeschnittenen Bleideckel sind die Schalen noch mit einer soliden quadratischen Hartgummiplatte, die an der den Bakterien zugekehrten Seite einen Staniolüberzug hat, versehen. An einer Ecke der Hartgummiplatte befindet sich eine Metallklemme, die mit dem Staniolüberzug metallisch verbunden ist und durch eine Kupferlitze mit der Wasserleitung in Verbindung steht, um die Elektrizität nach der Erde hin abzuleiten.

Resultat: Am folgenden Tage waren innerhalb des Ausschnitts alle Bakterien abgetötet.

5. Cholerabazillen, Oberflächenaussaat auf Agar. Es wurden zwei Platten angelegt, von denen die eine fünf, die andere zehn Minuten lang bestrahlt wurde. Das Resultat war negativ: es liess sich kein deutlicher Unterschied zwischen bestrahlten und unbestrahlten Teilen der Platte feststellen.

6. Cholerabazillen, oberflächlich auf Agar ausgesät, wurden 20 Minuten lang bestrahlt.

Resultat: Innerhalb des bestrahlten Bezirkes ist tags darauf kein Wachstum zu bemerken, auch findet sich wiederum die schon obengenannte Klärung des Nährbodens in den bestrahlten Partien.

7. Bac. prodigiosus, Oberflächenaussaat.

Die Bestrahlungsdauer beträgt 30 Minuten, wozu $2^1/_2$ Stunden gebraucht werden.

Resultat: Es fällt wieder die Klärung des Nährbodens auf. Im bestrahlten Zentrum sind nur vereinzelte, in der unbestrahlten Peripherie dagegen zahllose Kolonien aufgegangen. Die Farbstoffbildung zeigt sich jedoch nicht beeinträchtigt.

8. Cholerabazillen. (Oberflächenaussaat auf Agar.)

Die mit zentral ausgeschnittenem Blei und Hartgummideckel bedeckte Petrischale wird, um die Einwirkung der Elektrizität und des Ozons zu studieren, direkt unter die Eintrittsstelle der Anode gestellt und 30 Minuten lang bestrahlt. Um eine möglichst grosse Ozonansammlung im Zimmer zu erzielen, werden die Fenster geschlossen gehalten.

Resultat: Am folgenden Tage findet sich diffuses Kolonienwachstum, kein Unterschied zwischen bestrahlten und nicht bestrahlten Teilen der Platte.

9. Kolibazillen (Tiefenaussaat in Gelatine).

Die Petrischale ist mit zentral ausgeschnittener Bleiplatte und solidem Hartgummideckel versehen. Nach der 30 Minuten dauernden Bestrahlung ist der bestrahlte Teil der Gelatine klar und durchsichtig, Verflüssigung ist nicht eingetreten.

Resultat: Nach 24stündigem Aufenthalt im Brutofen von 22° C. sind in den bestrahlten Abschnitten der Platte keine Kolonien gewachsen, in der unbestrahlten Peripherie dagegen fand sich gleichmässiges und üppiges Bakterienwachstum. Nach zwei Tagen kamen im Zentrum jedoch noch vereinzelte Kolonien zum Vorschein.

10. Kolibazillen, Tiefenaussaat in Gelatine.

Dieser Versuch wurde angestellt, um die Wirkungen der elektrischen Entladungen und des Ozons nochmals zu prüfen.

Die Petrischale wird deshalb wieder unmittelbar unter die Eintrittsstelle der Anode gestellt und zwar ohne Blei- und Hartgummideckel.

Resultat: Am folgenden Tage findet sich überall gleichmässiges Bakterienwachstum.

11. Kolibazillen, Oberflächenaussaat auf Agar.

Eine sterile Petrischale wird mit Agar beschickt und 30 Minuten lang, mit ausgeschnittenem Blei- und Hartgummideckel bedeckt, der Einwirkung der Röntgenstrahlen ausgesetzt.

Die bestrahlte Partie des Nährbodens nimmt ein klares, durchsichtiges Aussehen an.

Nach der Bestrahlung wird die Platte mit Koli besät und in den Brutofen von 37° C. gestellt.

Resultat: Eine Einwirkung auf den Nährboden in seiner Eigenschaft als Nährsubstrat hat nicht stattgefunden: Im Bereiche der ganzen Nährfläche findet sich gleichmässiges und üppiges Kolonienwachstum.

12. Prodigiosus, Oberflächenaussaat auf Agar.

Die mit ausgeschnittenem Bleideckel und solider Hartgummiplatte versehene Petrischale wird 25 Minuten lang bestrahlt, dann in den Brutofen von 37° C. gestellt.

Resultat: Am folgenden Tage finden sich im Bereich des Ausschnittes alle Bakterien abgetötet.

13. Prodigiosus, Oberflächenaussaat auf Agar.

Die in derselben Weise wie beim vorigen Versuche armierte Petrischale wird direkt unter die Eintrittsstelle der Anode in die Vakuumröhre gebracht, um nochmals die Einwirkung der Elektrizität zu prüfen, dann in den Brutofen von 37° C. gebracht.

Resultat: Am Tage darauf findet sich überall gleichmässiges Kolonienwachstum.

14. Prodigiosus, Oberflächenaussaat auf Agar.

Eine mit Agar beschickte Petrischale wird mit zentral ausgeschnittenem Blei- und Hartgummideckel versehen, vor der Bakterienaussaat den Röntgenstrahlen ausgesetzt, um abermals den Einfluss derselben auf die Nährfähigkeit des Nährbodens zu prüfen. Sofort nach der Bestrahlung wird eine Bouillonaufschwemmung von Prodigiosus auf die Platte gebracht, dann dieselbe in den Brutofen von 37° C. gestellt.

Resultat: Es lässt sich wiederum die schon mehrfach erwähnte zentrale Klärung des Nährbodens feststellen, seine

Nährfähigkeit hat jedoch keine Beeinträchtigung erfahren, wie das gleichmässige und allseitige Wachstum der Kolonien beweist.

15. Eine vollkommen ausgewachsene, frische Kolikultur wird 40 Minuten lang bestrahlt, dann mit anderen Kulturen desselben Alters und Wachstumsvermögens auf ihre Lebensfähigkeit geprüft.

Der Erfolg ist ein absolut negativer. Die Wachstumsenergie der bestrahlten Bakterien ist dieselbe, wie die der nicht bestrahlten.

16. Eine frische Koli-Agarkultur wird eine Stunde lang einem konzentrierten Bogenlicht von 60 Ampères Stromstärke ausgesetzt, dann werden von bestrahlten und nicht bestrahlten Teilen der Platten Bakterienproben entnommen und auf Nährboden weiter verimpft.

Das Resultat ist, was die Abtötung der Bakterien anbelangt, negativ, jedoch entwickeln sich die von den bestrahlten Parteien stammenden Kolonien weniger üppig als die anderen.

17. Derselbe Versuch wurde mit einer frisch gewachsenen Prodigiosus-Agarkultur unternommen. Das Resultat war im Gegensatz zu dem des vorigen Versuches positiv: die mit den aus der bestrahlten Mitte der Platte entnommenen Bakterien geimpfte Bouillon blieb klar, während die aus den peripheren, bedeckt gewesenen Teilen entnommenen Kolonien reichliches Wachstum zeigten.

Zu denselben positiven Resultaten kamen Holzknecht und Spieler, die ebenfalls eine bakterizide Wirkung der Röntgenstrahlen feststellten.

Zu ganz anderen, äusserst merkwürdigen Ergebnissen, kamen die beiden englischen Forscher Forbes-Ross und Wolfenden. Sie bestrahlten zwölf verschiedene Arten von Bakterien, sowie Kressesamen und Hefepilze und gelangten zu dem überraschenden Resultat, dass den Röntgenstrahlen nicht nur nicht eine bakterientötende Eigenschaft innewohne, sondern dass sie vielmehr die Fähigkeit besässen,

Pflanzensamen eine grössere Wachstumsenergie zu verleihen und fermentative Prozesse zu beschleunigen. Gärung trat infolge schnelleren Wachstums der Hefepilze durch die Einwirkung der Röntgenstrahlen früher ein, ebenso Milchgerinnung, auch bestrahlter Kressesamen schlug früher aus als unbestrahlter. Diese stimulierende Wirkung der Röntgenstrahlen äussert sich auch auf Bakterien durch Änderung ihrer morphologischen Verhältnisse, ihr biologischer Charakter wird ein ganz anderer. So werden z. B. Tuberkelbazillen durch die Behandlung mit Röntgenstrahlen zu kurzen, fetten, glasigen, homogenen Stäbchen, die das Aussehen von Koli- oder Milzbrandbazillen haben. Sie färben sich gleichmässig und scheinen Sporen zu bilden.

Ein Absterben bestrahlter Kulturen ist nach ihnen als Erschöpfungszustand aufzufassen, indem durch das anfängliche beschleunigte Wachstum die Wachstumsenergie verbraucht wird, sodass eine Hemmung in der Weiterentwickelung eintritt.

Das Ergebnis ihrer Untersuchungen ist also das, dass auch durch noch so langdauernde Bestrahlung mit Röntgenstrahlen keine Wachstumshemmung, sondern eine Wachstumsförderung von Bakterien zu erzielen ist.

Zu absolut negativen Resultaten wiederum kam Grunmach. Er hatte früher bereits therapeutische Durchleuchtungsversuche bei menschlicher Lungentuberkulose gemacht, hatte jedoch einen Heilerfolg nicht zu verzeichnen. Ebenso ergebnislos verliefen seine an experimentell mit Tuberkulose infizierten Meerschweinchen angestellten Versuche.

Die geimpften Tiere wurden mehrere Monate hindurch täglich stundenlang bestrahlt. Sie gingen jedoch zu derselben Zeit und unter denselben Krankheitserscheinungen zugrunde, wie die nicht bestrahlten Kontrolltiere.

In derselben Richtung bewegten sich die Versuche Mühsams, jedoch mit einem etwas anderen Ergebnis. Nach ihm wird zwar eine allgemeine Tuberkulose bei Meerschweinchen durch Behandlung mit Röntgenstrahlen

nicht beeinflusst, während bei einer lokalen Tuberkulose dies bis zu einem gewissen Grade statthat, an eine vollkommene Heilung ist jedoch auch hier nicht zu denken.

Mühsam injizierte 28 Meerschweinchen an den verschiedensten Körperstellen Aufschwemmung von Tuberkelbazillen; 16 Tiere wurden der Behandlung mit Röntgenstrahlen unterzogen, der Rest diente als Kontrolle und blieb unbestrahlt.

Mit Kulturen von Tuberkelbazillen experimentierte Pott. Von 25 etwa einen Monat alten, in Reagenzgläsern befindlichen, ausgewachsenen Tuberkelbazillenkulturen wurden 17 den Wirkungen der Röntgenstrahlen ausgesetzt und zwar einen Monat hindurch täglich $^1/_2$, 1, 2, 4, 6, 8, 10 und 11 Stunden lang. Im Vorversuche war festgestellt worden, dass die Wirkung der Röntgenstrahlen durch die Reagenzgläser nur sehr wenig abgeschwächt wird. Die Wirkung der Röntgenstrahlen wurde von Zeit zu Zeit durch die photographische Platte kontrolliert.

Nach drei Monaten zeigte sich, dass ein ungehemmtes Wachstum sämtlicher bestrahlter Kulturen stattgefunden hatte, das sich in keiner Weise von dem der unbestrahlt gelassenen Kontrollkulturen unterschied; eine Beeinflussung der Tuberkelbazillen durch die Röntgenstrahlen hatte somit nicht stattgefunden.

Dasselbe stellte Scholtz für die Impftuberkulose fest. Den gleichen negativen Erfolg sah er bei der Bestrahlung von Plattenaussaaten und entwickelten Kulturen von Typhus, Cholera, Pyocyaneus und Trichophyton. Er bestrahlte mit weichen Röhren 1—4 Stunden lang, ohne dass sich eine Beeinflussung des Wachstums obengenannter Kulturen gezeigt hätte.

Um zu zeigen, ob der bakterientötende Erfolg der Röntgenbestrahlung, falls er überhaupt vorhanden wäre, auf die sogenannten stillen elektrischen Entladungen zurückzuführen sei, machte L. Freund eine Reihe sehr interessanter Versuche.

Er brachte zwei mit Staphylococcus aureus beschickte Petrischalen direkt unter eine Gundelachsche Röntgenröhre, die eine unter die Kugel, die andre unter den Hals derselben, beide durch einen Bleischirm derart getrennt, dass die unterhalb des Röhrenhalses befindliche Platte fast vollkommen vor den Röntgenstrahlen geschützt wurde und nur den sogenannten stillen elektrischen Entladungen ausgesetzt blieb. Zwischen der anderen Bakterienplatte und der Kugel der Röntgenröhre befand sich eine Aluminiumplatte, die leitend mit der Erde verbunden war. Während der Bestrahlungsdauer (30 Minuten) wurde von fünf zu fünf Minuten mittels photographischer Platte festgestellt, in welchem Masse beide Petrischalen von den Röntgenstrahlen betroffen wurden.

Ein unterhalb der Schale, die sich unter der Kugel befand, geschobener Bleibuchstabe prägte sich scharf auf der photographischen Platte aus, was ein Hindurchdringen der Röntgenstrahlen durch die betreffende Bakterienaussaat bewies, während dies bei der anderen Bakterienplatte nicht der Fall war. Dieselbe blieb nur der unmittelbaren Einwirkung der stillen Entladungen ausgesetzt. Das Resultat schien nun zunächst dafür zu sprechen, dass die baktericide Wirkung durch die Röntgenstrahlen hervorgebracht worden sei: der unterhalb der Kugel befindliche Nährboden hatte in der Mitte einen sterilen Fleck, während der andere diffus mit Kolonien bewachsen war. Es lag jedoch ein Fehler in der Versuchsanordnung vor. Denn die Ableitung der Elektrizität vor der einen Bakterienplatte war durchaus keine absolute. Die Aluminiumplatte wirkte vielmehr als Konduktor und gab offenbar eine grosse Menge von Elektrizität von ihrer unteren Fläche auf die Bakterienplatte ab.

In einer zweiten Versuchsanordnung benutzte Freund eine Voltohmröhre und verband den Aluminiumdeckel, der die unter der Antikathode befindliche Bakterienplatte bedeckte, leitend mit der Wasserleitung, während er unter der anderen Petrischale ebenfalls eine Aluminiumplatte an-

brachte, die gleichfalls mit der Wasserleitung verbunden war. Sonst war die Versuchsanordnung dieselbe: Beide Bakterienplatten wurden wiederum durch einen Bleischirm, der sich zwischen den beiden Kugeln der Voltohmröhre befand, voneinander getrennt, sodass die eine vollkommen vor dem Einfluss der Röntgenstrahlen geschützt war. Die Bestrahlungsdauer betrug eine Stunde. Das Resultat war jetzt ein ganz anderes: Die unterhalb der Antikathode befindliche, also den Röntgenstrahlen ausgesetzt gewesene Platte war üppig mit Kolonien bewachsen, während die andere in der Mitte einen sterilen Fleck aufwies. Eine fünfmalige Wiederholung des Versuches führte zu demselben Ergebnis.

Ferner sind die Versuche von Berlioz zu erwähnen.

Danach findet auch eine Abschwächung der Virulenz durch Röntgenbelichtung nicht statt. Er bestrahlte Bouillonkulturen von Diphtheriebazillen 16, 32 und 64 Stunden lang und injizierte sie dann Meerschweinchen, ohne dass eine Beeinflussung der Virulenz zu konstatieren gewesen wäre.

Im Anschluss daran sei der Einfluss der Röntgenstrahlen auf Protozoen besprochen. Schaudinn stellte durch eine Reihe von Untersuchungen fest, dass derselbe je nach der Art derselben verschieden ist. Je nachdem sie ein lockeres und an Flüssigkeit reicheres Protoplasma besitzen, sind sie einer Beeinflussung durch Röntgenstrahlen in höherem oder geringerem Masse zugängig. Schaudinn brachte Kulturen verschiedener Protozoen 20 cm unterhalb einer mit schwarzem Tuch verhüllten Röntgenröhre und bestrahlte im ganzan 14 Stunden lang. Nach vierstündiger Bestrahlung war schon ein schädigender Einfluss auf Amoeba lucida Gruber und Pelomyxa palustris Greef zu erkennen, während bei Amoeba princeps Ehrenberg ein solcher erst nach etwa sechs Stunden eintrat. Bis dahin waren die Bewegungen der letztgenannten Amoeba unter dem Einfluss der Bestrahlung beschleunigt gewesen, wurden dann allmählich träger, bis sie nach zehn Stunden ganz erloschen waren, nachdem sie eine kugelige Gestalt angenommen hatten. Ein Teil der Amoeben starb ab, der Rest erholte sich wieder.

Bei einigen Rhizopoden, Gromia oviformis Duj. und Polystomella crispa L. zeigte sich zu Anfang der Bestrahlung eine Beschleunigung der Protoplasmaströmung, nach drei Stunden jedoch zeigte sich eine deutlich schädigende Wirkung. Arcella vulgaris Ehrenberg und Difflugia pyriformis Perty und andere Rhizopoden zogen nach mehrstündiger Bestrahlung ihre Pseudopodien ein, während Trichosphaerium Sieboldi Schneider durch Röntgenbelichtung nicht beeinflusst wurde. Von Flagellaten bestrahlte Schaudinn mit positivem Erfolge Chilomonas paramaecium Ehrberg, Cryptomonas ovata Ehrberg, Euglena acus Ehrberg, Oxyrrhis marina Duj.

Eine beschleunigende Wirkung auf die Protoplasmaströmung wurde ebenfalls von Lopriore beobachtet; und zwar bei den Zellen von Vallisneria spiralis, während Joseph und Prowazek bei Bryopsis plumosa eine Verlangsamung derselben nach einer Bestrahlung von 15 Minuten konstatierten.

Überblicken wir noch einmal kurz die Resultate der soeben geschilderten Versuche, so sehen wir, dass ausser Holzknecht und Spieler, von denen jedoch eine genaue Beschreibung ihrer Versuche mir nicht vorlag, Rieder der einzige Autor ist, der eine bakterientötende bezw. hemmende Wirkung der Röntgenstrahlen beobachtete, soweit wenigstens Kulturen in Betracht kommen. Bei experimenteller Tuberkulose sehen allerdings auch andere Forscher eine deutliche Entwickelungshemmung durch Behandlung mit Röntgenstrahlen.

Rieder sah bei seinen zahlreichen Versuchen fast ausnahmslos positive Resultate. Nur drei Versuche hatten ein negatives Ergebnis: zwei fünf und zehn Minuten lang bestrahlte Cholerakulturen waren nicht abgetötet, dann wuchs eine 48 Minuten lang bestrahlte ausgewachsene Cholerakultur weiter und schliesslich zeigte sich eine 40 Minuten lang bestrahlte ausgewachsene Kolikultur gut entwickelungsfähig. Die übrigen Versuche zeigten, dass durch eine Röntgenbestrahlung von genügend langer Dauer eine vollständige Abtötung von in Entwickelung begriffenen sowohl wie von ausgewachsenen Bakterienkulturen gelang. Für

oberflächlich ausgesäte Cholerabazillen genügte im allgemeinen schon eine Expositionsdauer von 20 Minuten, um das Wachstum derselben absolut zu hemmen, während eine zehn Minuten lang dauernde Bestrahlung hierzu nicht ausreichte. Dass die Abtötung der Bakterien eine vollständige war, ging daraus hervor, dass selbst nach mehrtägigem Aufenthalt im Brutschrank ein weiteres Wachstum nicht eintrat. Nur bei sehr widerstandsfähigen Bakterien (Bact. coli) und bei zu kurzer Bestrahlungszeit zeigte sich Wachstum. Bei einem Versuche (Bestrahlung einer Oberflächenaussaat von Cholera) war innerhalb des bestrahlten Bezirkes nur eine einzige Kolonie gewachsen, die normales morphologisches und färberisches Verhalten zeigte. Die Abtötung voll entwickelter Kulturen gelang nicht.

Dass die von ihm beobachtete bakterizide Wirkung der Röntgenbestrahlung auf die Röntgenstrahlen selbst und nicht auf andere, von der Röntgenröhre ausgehende Agentien zurückzuführen sei, zeigte Rieder durch besondere, oben erwähnte Versuchsanordnungen: Das Fluoreszenslicht wurde durch Bedecken der Bakterienschalen mit lichtdichtem Papier oder Hartgummiplatten ausgeschaltet. Die Kathodenstrahlen kommen nicht in Betracht, da sie die Glaswand überhaupt nicht durchdringen.

Eine Wärmewirkung kam ebenfalls nicht zustande, da jede Röntgenröhre nach $^1/_4$ Minute ausgeschaltet wurde, ausserdem wurde sie durch Bedecken der Petrischale mit einer soliden Hartgummiplatte verhindert. Dass eine solche in der Tat nicht für das Absterben der Kulturen verantwortlich zu machen ist, geht daraus hervor, dass weder ein Heisswerden der Röhre noch eine Verflüssigung der Gelatine bemerkt wurde.

Dass eine Einwirkung der Elektrizität nicht stattfindet, wurde von Rieder einmal damit gezeigt, dass er Bakterienplatten unter die Eintrittsstelle der Anode in die Röntgenröhre, sowie in die Nähe des Induktors brachte, andrerseits wurde bei einigen Versuchen die Elektrizität durch Erdableitung beseitigt, indem zwischen Röntgenröhre und

Bakterienplatte ein mit der Wasserleitung leitend verbundener Staniolschirm eingeschaltet wurde.

Gegen die Wirkung anderer von der Röntgenröhre ausgehender Energien als der Röntgenstrahlen spricht nach den Ausführungen Rieders noch der Umstand, dass er bei Anwendung von Strahlen grösster Intensität, also bei Benutzung weicher Röntgenröhren eine weit grössere Wirkung sah, als beim Bestrahlen mit härteren Röhren.

Eine Einwirkung auf Nährböden fand nur insofern statt, als nach der Bestrahlung eine Klärung desselben sich zeigte, eine Beeinflussung ihrer Nährfähigkeit fand jedoch nicht statt. In dieser Beziehung verhielten sich die verschiedenen benutzten Nährböden alle gleich.

Alle anderen Autoren hatten bei ihren zahlreichen Versuchen mit den verschiedensten Bakterienarten durchaus negative Resultate zu verzeichnen, selbst bei sehr langer Bestrahlungsdauer. So wurde z. B. von F. M. Berton eine Diphtheriekultur 64 Stunden lang bestrahlt, ohne dass eine entwickelungshemmende Wirkung sich bemerkbar gemacht hätte. Ebenfalls wurde von ihnen eine Wirkung auf Nährböden, sei es eine Klärung derselben oder eine Beeinträchtigung ihres Nährvermögens, nicht beobachtet.

Dieser Gegensatz in den Resultaten der verschiedenen Autoren ist bemerkenswert. Dass es sich um Beobachtungsfehler handle, ist absolut ausgeschlossen, da die Beurteilung von Wachstum und Entwickelungshemmung von Bakterien, ob die Platten steril geblieben oder bewachsen sind, so leicht ist, dass ein Irrtum in dieser Richtung unmöglich ist. Es kann sich entweder nur darum handeln, dass die bakterizide Wirkung der Röntgenbestrahlung auf eine noch unbekannte Nebenwirkung zurückzuführen ist, die mit der Bauart der verschiedenen Röntgenröhren zusammenhängt, und der, weil sie vielleicht inkonstant ist, diese Verschiedenartigkeit der Resultate zur Last fällt. Oder es sind bei den Versuchen mit positivem Ergebnis so intensive Röntgenstrahlen zur Verwendung gekommen, wie sie von den

anderen Untersuchern nicht benützt wurden. Leider ist augenblicklich eine Beurteilung dieses Punktes nicht möglich, da hierüber in der Literatur sehr spärliche Angaben vorliegen. Wie bei jedem Desinfektionsversuch nicht nur eine Angabe über die Dauer der Einwirkung, sondern auch eine solche über die Konzentration des desinfizierenden Agens zur Beurteilung des Resultates nötig ist, so wäre auch bei diesen Versuchen eine genaue Angabe über die Intensität der Röntgenstrahlen etc. durchaus erforderlich. Soweit die bisher leider noch unzulänglichen Methoden eine Messung der Intensität der Röntgenstrahlen gestatten, ist jedenfalls auf diesen Punkt das allergrösste Gewicht zu legen.

Die fast übereinstimmend positiven Resultate bei der Bestrahlung experimenteller Tuberkulose sind nach der heutigen Anschauung als indirekte Wirkung der Röntgenstrahlen auf die Tuberkelbazillen aufzufassen, indem sehr wahrscheinlich eine zu reaktiver Entzündung führende Beeinflussung des Gewebes stattfindet, doch müssten auch darüber noch besondere Versuche stattfinden.

II. Eigene Versuche.

Zu den unten angeführten Versuchen wurde der Röntgenapparat der hiesigen medizinischen Klinik benutzt, der von der Firma Seifert in Hamburg vor etwa zwei Jahren gebaut wurde. Der Apparat ist mit einem Induktor von 60 cm Funkenlänge ausgestattet und besitzt einen elektrolytischen Wehnelt-Unterbrecher mit drei Stiften, von denen meist Stift zwei benutzt wurde, ferner eine Selbstinduktion von acht Graden. Auf dem Schalttisch befinden sich ausser dem die Stromspannung angebenden Voltmeter und einer Schaltvorrichtung von fünf verschiedenen Widerständen 2 Ampèremeter, von denen eins die Stromstärke vor und das andere die Intensität hinter dem Induktorium angibt. (Rechtes und linkes Ampèremeter.)

Ferner konnten wir bei den letzten Versuchen mit Hilfe des von Dr. Walter konstruierten Milliampèremeters die in der Röhre direkt herrschende Spannung messen.

Die Einschaltung des Stromes geschieht mittels eines „Groben“ und „Feinen Triebes“. Der grobe Trieb weist 13 Grade auf, der feine Trieb 12; ein Grad des feinen Triebes beträgt $^1/_{12}$ von einem solchen des groben Triebes.

Die Messung des Härtegrades der Röhren geschieht mittels der Walterskala, die über acht Grade verfügt. Das Maximum der Härte beträgt acht.

Die Versuche wurden im allgemeinen so angestellt, dass die auf Glyzerinagar angelegten Kulturen in Petrischalen in einer bei jedem Versuch besonders angegebenen Entfernung senkrecht unter die Antikathode gebracht wurden. Meistens waren die Glasdeckel abgehoben und die Schalen mit Bleideckeln, die einen zentralen Ausschnitt von 5—6 cm Durchmesser besassen, bedeckt. Die Ränder der Bleiplatten waren schalenförmig umgebogen, so dass auch die seitlichen Teile der Petrischalen vor den Röntgenstrahlen geschützt waren. Nach der Bestrahlung wurden die Kulturen in den Brutschrank von 37° C. (Prodigiosus in eine Temperatur von 22° C., um die Farbstoffbildung beobachten zu können) gebracht und dann mehrere Tage lang beobachtet, die Beweglichkeit, Säurebildung etc. geprüft.

Bei einigen Versuchen wurden die betreffenden Bakterien (Koli und Prodigiosus) im hängenden Tropfen bestrahlt und nach der Bestrahlung, nachdem die Beweglichkeit der bestrahlten Tropfen der Kolikulturen mit einem unbestrahlten Kontrolltropfen verglichen war, in Bouillonröhrchen übergeimpft und in den Brutschrank von 37° C. gebracht. Vor und nach der Bestrahlung wurde die Säure- und Gasbildung der Kulturen geprüft.

In einer anderen Versuchsanordnung wurden je ein Tropfen einer Bouillonkultur von Koli und Prodigiosus in die Höhlung eines Hohlobjektsträgers ge-

bracht und, um die bekterientötende Wirkung des Lichtes auszuschalten, im Dunklen eintrocknen gelassen. Nach etwa $1^1/_2$ Stunden wurden die völlig eingetrockneten Bakterien, ohne von einem Deckgläschen bedeckt zu sein, der Wirkung der Röntgenstrahlen ausgesetzt. Nach der Bestrahlung wurden sie mit einigen Tropfen steriler Bouillon aufgeschwemmt, in Bouillon übertragen und in den Brutschrank von 37° C. gebracht. Am folgenden Tage wurden die gewachsenen Kulturen auf ihre Eigenschaften hin geprüft.

Im einzelnen gestalteten die Versuche sich folgendermassen:

Versuch 1.

Bacterium coli, 12stündige Kultur, Tiefenaussaat in Glyzerinagar.

Kleine plumpe Stäbchen, die meistens zu zweien, hin und wieder auch zu kurzen Ketten angeordnet sind. Aus einem beliebigen Stuhl gezüchtete Reinkultur, Gas- und Säurebildung vorhanden, Milch ist nach drei Tagen noch nicht geronnen. Leidliche Beweglichkeit vorhanden.

Es werden sechs Platten gegossen, wovon fünf eine halbe Stunde später 5, 10, 15 und 20 Minuten lang bestrahlt werden; sämtliche Schalen sind mit zentral ausgeschnittenen Bleideckeln versehen, die fünfte, ebenfalls 20 Minuten lang bestrahlte Platte ist ohne Bleideckel. Die Glasdeckel sind nicht abgenommen. Die sechste Platte bleibt als Kontrollkultur unbestrahlt.

Apparat: Kleine Müllerröhre mit Wasserkühlung, Walterskala 6, Milliampères 0,8. 110 Volt. Linkes Ampèremeter 4. Rechtes Ampèremeter $4^1/_2$. Grober Trieb 12, feiner Trieb 11. Stift 2, Selbstinduktion 3.

Abstand von der Antikathode 37 cm.

Sofort nach der Bestrahlung werden die Kulturen in den Brutschrank von 37° C. gebracht.

Resultat: Nach drei Tagen findet sich kein Unterschied zwischen den einzelnen Platten. Kontrollplatte

sowie Zentrum und Peripherie der bestrahlten Platten zeigen überall gleichmässiges dichtes Kulturenwachstum.

Versuch 2.

Bact. coli, Tiefenaussaat auf Glyzerinagar.

Der Versuch wird mit Bakterien von dem bei Versuch 1 benutzten Stamm wiederholt. Die Versuchsanordnung ist dieselbe wie bei dem vorigen Versuch, nur sind sämtliche Glasdeckel abgehoben.

Apparat: Kl. Müllerröhre mit Wasserkühlung. Härtegrad 6, Milliamp. 0,2. 110 Volt. Linkes Amp. 4, Rechtes Amp. $4^1/_2$. Gr. Trieb 12, feiner Trieb 11. Stift 2, Selbstinduktion 3.

Abstand von der Antikathode 37 cm.

Resultat: Nach drei Tagen überall gleichmässiges Wachstum.

Versuch 3.

Bact. coli, Tiefenaussaat auf Glyzerinagar.

Eine 16 Stunden alte Kultur von den bei Versuch 1 beschriebenen Eigenschaften wird 25 Minuten mit abgehobenem Glasdeckel und ohne Bleiplatte bestrahlt.

Versuchsanordnung und Apparat wie bei Versuch 2.

Resultat: Nach drei Tagen ungehemmtes Wachstum.

Versuch 4.

Bact. coli, Glyzerinagarkultur (2 Tage alt), angelegt in vier Petrischalen.

Kleine plumpe, z. T. auch etwas schlankere Stäbchen, meist in Gruppen von 4—6 angeordnet, mässig beweglich.

Versuchsanordnung: Drei Petrischalen werden je ein, zwei und drei Stunden lang in einem Abstand von 30 cm von der Antikathode bestrahlt. Die Glasdeckel sind abgehoben, alle drei Platten sind mit zentral ausgeschnittenen Bleideckeln versehen.

Apparat: Kl. Müllerröhre mit Wasserkühlung vom Härtegrad 6. Milliampères 0,4. 110 Volt. L. Amp. 3, R. Amp. 4. Gr. Tr. 12, feiner Tr. 11. Stift 2, Selbstinduktion 3.

Abstand von der Antikathode 30 cm.

Resultat: Ungehemmtes, gleichmässiges Wachstum. Kein Unterschied zwischen Peripherie und Zentrum.

Versuch 5.

Streptokokken, Tiefenaussaat in Glyzerinagar.

Die Kultur war einen Tag alt und aus dem Blute eines an Streptokokkensepsis verstorbenen Mannes gezüchtet. Das mikroskopische Bild zeigte kleine kurze Ketten, die meistenteils zu grösseren Häufchen angeordnet waren.

Es werden sechs Platten gegossen, von denen fünf gleich nach dem Anlegen der Kulturen bestrahlt werden, und zwar 5, 10, 15, 20 und 25 Minuten. Eine Platte bleibt als Kontrollkultur unbestrahlt.

Versuchsanordnung: Es sind sämtliche Glasdeckel abgenommen und die Petrischalen mit zentral ausgeschnittenem Bleideckel bedeckt.

Apparat: Kl. Müllerröhre mit Glasschutzmantel ohne Wasserkühlung. Walterskala 3. Milliampères anfangs 1,8, zum Schluss 2,4. 110 Volt. L. Amp. 6, R. Amp. 6,5. Gr. Trieb 10, feiner Trieb 7. Stift 2, Selbstinduktion 3.

Abstand von der Antikathode 30 cm.

Resultat: In der Peripherie sowohl wie im Zentrum gleichmässiges Kolonienwachstum, das sich in nichts von dem der Kontrollplatte unterscheidet.

Versuch 6.

Pyocyaneus, Tiefenaussaat in Glyzerinagar.

Die Kultur ist einen Tag alt und zeigt gute Farbstoffbildung in etwa 2—3 Tagen.

Es werden sechs Kulturen in Petrischalen angelegt, von denen eine als Kontrollkultur unbestrahlt bleibt, die übrigen fünf werden 5, 10, 15, 20 und 25 Minuten lang bestrahlt.

Die Glasdeckel sind abgehoben, die Schalen mit zentral ausgeschnittenem Bleideckel versehen.

Apparat: Kl. Müllerröhre ohne Wasserkühlung mit Schutzmantel. Walterskala 3, Milliampères 2,0. 110 Volt. L. Amp. 6,

R. Amp. 6,5. Stift 2, Selbstinduktion 3. Grober Trieb 10, feiner Trieb 7.

Abstand von der Antikathode 30 cm.

Resultat: Am folgenden Tage findet sich überall gleichmässiges Kolonienwachstum. Die Farbstoffbildung beginnt hie und da, ist jedoch noch nicht deutlich. Nach drei Tagen findet sich prachtvolle Grünfärbung auf allen Teilen der Platten.

Versuch 7.

Typhus, Tiefenaussaat in Glyzerinagar.

Die verwandte Kultur ist etwa 14 Stunden alt und stammt aus dem hiesigen hygienischen Institut (Typhus X, Beuthen). Kleine, plumpe, regellos zerstreut liegende Stäbchen von sehr guter Beweglichkeit. Keine Gasbildung, Säurebildung und Milchgerinnung ebenfalls nicht vorhanden. Versuchsbedingungen und Versuchsanordnung wie bei Versuch 6.

Apparat: Kl. Müllerröhre ohne Wasserkühlung mit Schutzmantel. Walterskala 3, Milliamp. 2,4. 110 Volt. L. Amp. $5^1/_2$, R. Amp. 6. Stift 2, Selbstinduktion 3. Gr. Trieb 10, feiner Trieb 7.

Abstand von der Antikathode 30 cm.

Resultat: Innerhalb der nächsten drei Tage überall gleichmässiges Wachstum.

Versuch 8.

Koli, Pyocyaneus und **Typhus**, Tiefenaussaat in Glyzerinagar.

Die Kulturen stammen von den schon bei den vorigen Versuchen benutzten Stämmen und sind einen Tag alt. Sie werden in Petrischalen gegossen und mit Glasdeckel und zentral ausgeschnittenen Bleiplatten bedeckt **fünf** Stunden lang bestrahlt.

Apparat: Müllerröhre mit Glasmantel um die Antikathode. Walterskala 2, Milliamp. 0,4. Stift 1, Selbstinduktion 5. 110 Volt. Gr. Trieb 0, f. Trieb 0. R. Amp, 2, L. Amp. 2.

Röhrenabstand 15 cm.

Resultat: Gutes Wachstum in den bestrahlten sowohl wie in den unbestrahlten Partien. Prachtvolle gleichmässige Grünfärbung der Pyocyaneuskultur.

Versuch 9.

Koli, Tiefenaussaat in Gelatine, Glasdeckel nicht abgehoben. Bestrahlungsdauer **30 Minuten**, dann Temperatur von ca. 24° C.

Es werden zwei Platten gegossen, von denen die eine unbestrahlt bleibt.

Kleine, leidlich bewegliche Stäbchen, säure- und gasbildend, Milchgerinnung nicht vorhanden.

Apparat: Müllerröhre mit Glasschutzmantel. Walterskala 3, Stift 2, Selbstinduktion 3. Gr. Trieb 9, f. Trieb 6. 110 Volt. R. Amp. 5, L. Amp. $4^1/_2$. Milliamp. 1,1—1,2.

Röhrenabstand 10 cm. Bestrahlungsdauer 30 Minuten.

Resultat: Kein Wachstumsunterschied zwischen bestrahlten und unbestrahlten Partien.

Versuch 10.

Prodigiosus, Oberflächenaussaat auf Glyzerinagar.

Eine kleine Menge einer 24stündigen Kultur wird in einem Bouillontropfen mittelst eines Drygalski-Stabes möglichst ausgiebig und gleichmässig auf Glyzerinagar verrieben. Eine Platte wird bestrahlt, die andere bleibt als Kontrollkultur unbestrahlt. Nach der Bestrahlung Brutofen von 37° C.

Apparat: Müllerröhre mit Glasschutzmantel. Walterskala 3, Stift 2, Selbstinduktion 3. Gr. Trieb 8, f. Trieb 6. R. Amp. 4, L. Amp. $4^1/_2$. Milliamp. 2—3. Bestrahlungsdauer **25 Minuten.**

Resultat: Am folgenden Tage ist die ganze Platte gleichmässig mit Kulturen bewachsen.

Versuch 11.

Die Versuchsanordnung und die Bakterien sind dieselben wie bei Versuch 9 (Koli), nur ist der Glasdeckel abgehoben.

Apparat: Müllerröhre mit Glasschutzmantel. Walterskala 3, Stift 2, Selbstinduktion 3. Gr. Trieb 8, f. Trieb 0. 110 Volt. R. Amp. 3—3,5, L. Amp. 4,0. Milliamp. 1,1.

Röhrenabstand 10 cm. Bestrahlungsdauer **30 Min.**

Resultat: Kein Unterschied zwischen bestrahlten und unbestrahlten Partien.

Versuch 12.

Prodigiosus, Oberflächenaussaat auf Glyzerinagar.

Die Versuchsanordnung ist dieselbe wie bei Versuch 10. Nur beträgt die Bestrahlungsdauer **30 Minuten.**

Apparat: Müllerröhre mit Glasschutzmantel. Walterskala 3. Grober Trieb 12, feiner Trieb 10. 110 Volt. R. Amp. 6, L. Amp. 4. Milliamp. 1,3—1,5.

Röhrenabstand 10 cm. Bestrahlungsdauer 30 Minuten.

Resultat: Die Platten sind überall sehr dicht bewachsen.

Versuch 13.

Prodigiosus, mit Verdünnung angelegte Oberflächenaussaat.

Auf zwei Glyzerinagarplatten wird je eine Platinöse steriler Bouillon und in den Tropfen Bouillon etwas mittels Platindraht entnommene, ca. drei Tage alte Prodigiosuskultur gebracht. Dann werden die Kulturen mit dem Drygalski-Stab möglichst gleichmässig auf der Platte verrieben, und der Stab, ohne weiterhin mit Kultur beschickt zu sein, auf eine zweite Agarplatte gebracht und ebenfalls ein Oberflächenausstrich hergestellt. Eine dieser verdünnten Kulturen wird den Röntgenstrahlen ausgesetzt, die andere bleibt als Kontrollkultur unbestrahlt.

Nach der Bestrahlung werden die Platten in eine Temperatur von 22° C. gebracht.

Apparat: Kl. Müllerröhre mit Wasserkühlung, Walterskala 5, Stift 3, Selbstinduktion 3, Widerstand 3. Grober Tr. 12, feiner Tr. 12. 70 Volt. R. Amp. 5—6, L. Amp. 6—7. In der Röhre 1,2—1,3 Amp.

Röhrenabstand 10 cm, Bestrahlungsdauer **30 Min.**

Resultat: Innerhalb der bestrahlten Partien ist eine geringe Wachstumshemmung bemerkbar. Es sind hier zwar noch zahlreiche Kolonien gewachsen, jedoch in

geringerer Anzahl als in der durch die Bleiplatte vor den Röntgenstrahlen geschützten Peripherie der Platte. Die Grenze zwischen bestrahlten und unbestrahlten Partien ist ziemlich scharf. Die Farbstoffbildung ist nicht beeinflusst.

Versuch 14.

Prodigiosus, mit Verdünnung angelegte Oberflächenaussaat auf Glyzerinagar.

Es wird auf die im vorigen Versuche beschriebene Weise eine dreifache Verdünnung hergestellt, und die mit der stärksten Verdünnung hergestellte Platte bestrahlt.

Der Glasdeckel ist abgehoben, und die Schale mit einer Bleiplatte, die einen zentralen kreuzförmigen Ausschnitt besitzt, bedeckt.

Apparat: Kl. W.-Röhre. Walterskala 6, Stift 2, Selbstinduktion 3, Widerstand 1. 60—70 Volt. Gr. Trieb 12, feiner Trieb 12. R. Amp. 6—7, L. Amp. 7.
Röhrenabstand 10 cm. Milliamp. 0,4—1,0.
Bestrahlungsdauer **40 Minuten.**

Resultat: Die Kultur ist sehr üppig gewachsen. In den bestrahlten Partien ist zwar ein etwas geringeres Kolonienwachstum konstatierbar, jedoch ist die Grenze zwischen den zentralen bestrahlten und peripheren nicht bestrahlten Teilen sehr verwaschen.

Versuch 15.

Typhus, hängender Tropfen.

Von einer einen Tag alten Typhuskultur (Typhus-Jochmann, aus dem hies. hygienischen Institut stammend), wird ein hängender Tropfen angelegt und zehn Minuten lang bestrahlt, dann in Bouillon ausgesät und in den Brutofen von 37° C. gebracht.

Die Prüfung der Kultur ergab folgendes: Schlanke, gut bewegliche Stäbchen, keine Säure- und Gasbildung, keine Milchgerinnung.

Apparat: Kl. Müllerröhre mit Wasserkühlung. Walterskala 6. Milliamp. 0,6—0,8. Stift 2, Selbstinduktion 3,

Widerstand 3. Gr. Tr. 13, feiner Tr. 12. 90 Volt. L. Amp. 9—10, R. Amp. $5^1/_2$—6.

Röhrenabstand 10 cm, Bestrahlungsdauer **10 Min.**

Versuch 16.

Typhus, hängender Tropfen.

Versuchsanordnung wie bei Versuch 15. Bestrahlungsdauer **20 Minuten.**

Apparat: Kl. Müllerröhre ohne Wasserkühlung. Stift 1, Selbstinduktion 3, Widerstand 2. Gr. Tr. 12, feiner Tr. 6. Walterskala 6. 40 Volt. R. Amp. 6, L. Amp. $12^1/_2$. Milliamp. 0,6—0,8. Abstand 10 cm.

Resultat: Eine Prüfung der Beweglichkeit der bestrahlten Bazillen ergibt, dass dieselbe sich nicht geändert hat, sondern gut geblieben ist. Die von dem bestrahlten Tropfen angelegte Bouillonkultur ist am Tage darauf gut gewachsen. Die Prüfung auf Gas- und Säurebildung sowie auf Milchgerinnung ergibt normale Verhältnisse.

Versuch 17.

Typhus, Milzbrand, hängender Tropfen.

Es werden von einer einen Tag alten Typhus- und Milzbrandkultur je sieben hängende Tropfen angelegt, davon werden je sechs **10, 20, 30, 40, 50 und 60 Minuten** bestrahlt, die übrigen beiden bleiben als Kontrolle unbestrahlt. Von jedem Tropfen werden sodann Bouillonkulturen angelegt und in den Brutofen von 37° C. gebracht.

Apparat: Kl. Müllerröhre ohne Wasserkühlung. Die Röhre ist sehr weich, Härtegrad nicht messbar. Stift 1, Selbstinduktion 3, Widerstand 3. Gr. Tr. 9, feiner Tr. 5. R. Amp. 5, L. Amp. 6. 32 Volt. Milliamp. 0,6. Abstand 20 cm.

Resultat: In der Beweglichkeit findet sich kein Unterschied zwischen bestrahlten und unbestrahlten Bazillen. Die Prüfung der Säure- und Gasbildung sowie der Milchgerinnung ergibt normale Verhältnisse.

Die von den bestrahlten Bazillen angelegte Bouillonkultur ist am folgenden Tage gut gewachsen.

Versuch 18.

Typhus, Milzbrand, hängender Tropfen.

Der Versuch 17 wird wiederholt.

Apparat: Kl. Müllerröhre ohne Wasserkühlung. Walterskala 5. Stift 1, Selbstinduktion 3, Widerstand 3. Gr. Tr. 9, feiner Tr. 4. 34 Volt. R. Amp. 5, L. Amp. 6. Milliamp. 0,6—0,8. Abstand 20 cm.

Resultat: Am folgenden Tage sind alle Kulturen gut gewachsen. Die 60 Minuten lang bestrahlte Typhuskultur wird auf Säure- etc. Bildung untersucht. Die Prüfung ergibt normale Verhältnisse.

Von der 60 Minuten lang bestrahlten Milzbrandkultur wird eine Strichkultur auf Glyzerinagar angelegt. Dieselbe ist gut gewachsen und zeigt mikroskopisch keine Besonderheiten.

Versuch 19.

Koli, Prodigiosus, hängender Tropfen.

Versuchsanordnung wie beim vorigen Versuch.

Apparat: Kl. Müllerröhre ohne Wasserkühlung. Walterskala 5. Gr. Tr. 9, feiner Tr. 0. Stift 1, Selbstinduktion 3. L. Amp. 5, R. Amp. 4. Milliamp. 0,6—0,8. Röhrenabstand 20 cm.

Bestrahlungsdauer **10, 20, 30, 40, 50 und 60 Minuten.**

Resultat: Alle Kulturen sind gut angegangen. Beweglichkeit, die Fähigkeit der Säure- und Gasbildung etc. unverändert, ebenso Farbstoffbildung. Die Prüfung der Kulturen ist mit den 60 Minuten lang bestrahlten Bakterien vorgenommen worden.

Versuch 20.

Koli, Prodigiosus, hängender Tropfen.

Versuchsanordnung wie beim vorigen Versuch.

Apparat: Kl. Müllerröhre ohne Wasserkühlung. Walterskala 5, Stift 1. Selbstinduktion 3, Widerstand 3. Gr. Tr. 9, fein. Tr. 4. 36 Volt. R. Amp. 5, L. Amp. 6.

Röhrenabstand 20 cm.

Bestrahlungsdauer **10, 20, 30, 40, 50 und 60 Minuten.**

Resultat: Alle Kulturen sind üppig gewachsen und zeigen normale Eigenschaften.

Versuch 21.

Koli, Prodigiosus, eingetrockneter Tropfen.

Ein Bouillontropfen wird in die Konkavität eines Hohlobjektträgers gebracht, mit Kultur versehen und im Dunklen eintrocknen gelassen. Nach $1^1/_2$ Stunden werden die auf diese Weise mit Bakterien versehenen Objektträger ohne Deckgläschen den Röntgenstrahlen ausgesetzt. Nach der Bestrahlung werden die Bakterien mit einigen Tropfen steriler Bouillon aufgeschwemmt und in Bouillonröhrchen ausgesät.

Apparat: Kl. Müllerröhre ohne Wasserkühlung. Stift 1, Selbstinduktion 3, Widerstand 3. Gr. Trieb 9, fein. Trieb 0. Walterskala 5. 40 Volt. R. Amp. 4, L. Amp. 5.

Röhrenabstand 20 cm.

Bestrahlungsdauer **10, 20, 30, 40, 50 und 60 Minuten.**

Resultat: Alle Kulturen sind nach 24 Stunden gut gewachsen. Gas-, Säurebildung und Milchgerinnung sowie Farbstoffbildung normal.

Versuch 22.

Koli, Proteus, Bestimmung des Säure- bezw. Alkaleszenzgrades bestrahlter und unbestrahlter Kulturen.

Dieser Versuch wird unternommen, um festzustellen, ob durch die Röntgenbestrahlung eine Änderung der Säure- bezw. Alkalibildung von Bakterien stattfindet oder nicht.

Eine einen Tag alte Koli- und Proteuskultur (Oberflächenaussaat auf Glyzerinagar) wird **30 Minuten** lang der Einwirkung der Röntgenstrahlen ausgesetzt, und von den bestrahlten Partien je eine Bouillonkultur angelegt. Am folgenden Tage, nach genau 24stündigem Wachstum wird von diesen Bouillonkulturen je eine Platinöse in je 10 ccm neutraler Lackmuslösung übertragen und in den Brutofen von 37° C. gestellt. Nach wiederum 24 Stunden wird der Säure-

bezw. Alkaleszenzgrad der beiden Kulturen durch Titration mit $^1/_{10}$ Normalnatronlauge bezw. $^1/_{10}$ Normalsalzsäure festgestellt und mit dem von unbestrahlten Kulturen, die zu denselben Zeiten und auf dieselbe Weise angelegt sind, verglichen.

Resultat: Zur Neutralisierung der bestrahlten Kulturen wird genau dieselbe Menge von Natronlauge und Salzsäure verbraucht wie zur Neutralisierung der unbestrahlten.

Apparat: Kl. Müllerröhre ohne Wasserkühlung. Stift 1, Selbstinduktion 3, Widerstand 3. Gr. Trieb 9, feiner Trieb 4. Walterskala 6, 40 Volt. R. Amp. 4, L. Amp. 5. Milliamp. 0,3.
Röhrenabstand 20 cm.
Bestrahlungsdauer 30 Minuten.

Wie aus vorstehenden Versuchsprotokollen hervorgeht, kamen bei den verschiedenen Versuchen Röntgenstrahlen verschiedenster Intensität und Qualität zur Anwendung: Die Röhren zeigten alle möglichen Härtegrade, von No. 6 der Walterskala bis herab zur Unmessbarkeit des Härtegrades, es verliessen in letzterem Falle also Röntgenstrahlen denkbar grösster Intensität die Röhren und wirkten, ohne durch den Glasdeckel der Petrischalen zurückgehalten zu werden, auf Oberflächenaussaaten von Bakterien ein. Im allgemeinen wurden Röhren mittleren Härtegrades verwandt.

Der Abstand der Kulturen von der Antikathode schwankte zwischen 37 und 10 cm.

Die Stromspannung betrug bei der Mehrzahl der Versuche 110 Volt, in den letzten Versuchen schwankte sie zwischen 32 und 90 Volt.

Die Stromstärke schwankte zwischen 2 und $12^1/_2$ Ampères.

Vom Wehnelt-Unterbrecher wurde fast durchgängig der Stift 2 angewandt, in wenigen Versuchen Stift 1 und 2, während die Selbstinduktion überall auf 3 eingestellt war.

Die Ampèrezahlen in der Röhre (Milliampère) betrugen 0,2—3,0.

Das Minimum der Bestrahlungsdauer betrug 5 Minuten, das Maximum 5 Stunden.

Von Bakterienarten wurden verwandt Typhus-, Milzbrand- und Kolibazillen, Bact. Proteus, Streptokokken und von farbstoffbildenden Bakterien Bac. Pyocyaneus und Bac. Prodigiosus, die in Tiefen- und Oberflächenaussaat, auf Glyzerinagar und Gelatine, im hängenden Tropfen und im eingetrockneten Zustande der Einwirkung der Röntgenstrahlen ausgesetzt wurden.

Wir kamen zu dem uns selbst ausserordentlich überraschenden Resultate, dass in keinem Falle eine bakterientötende Wirkung der Röntgenstrahlen beobachtet werden konnte, weder bei den härtesten Röhren noch bei solchen von grösster Weichheit.

Es erscheint sehr bemerkenswert, dass mit Röhren von solchen Härtegraden, wie sie in der hiesigen medizinischen Klinik zur therapeutischen Bestrahlung von leukämischen Patienten mit ausgezeichnetem Erfolge verwandt werden, eine Hemmung des Bakterienwachstums nicht zu erreichen ist, obgleich nach relativ kurzer Bestrahlungsdauer, wie neuere Versuche, die in der hiesigen Klinik an Tieren angestellt wurden, zeigen, innere Organe in höchstem Masse verändert werden.

Dass eine wirklich ausreichende Beeinflussung des Bakterienwachstums nicht stattfindet, zeigt besonders die Bestrahlung ausgetrockneter Bakterien. Trotzdem dieselben in denkbar dünnster Schicht ausgebreitet waren und, ohne dass sich eine Strahlen absorbierende Glasschicht zwischen ihnen und der Röntgenröhre befunden hätte, wuchsen sie nach einstündiger Bestrahlung äusserst üppig weiter, ohne Änderung ihrer morphologischen oder sonstigen Eigenschaften.

Eine Beeinflussung der Nährböden wurde in keinem der Versuche beobachtet.

Dass die Röntgenstrahlen eine so geringe Wirkung auf morphologisch so feine Gebilde wie die Bakterien entfalten, erscheint im ersten Augenblick sehr überraschend, zumal

im Hinblick auf die oben erwähnten, überaus intensiven Wirkungen auf menschliche und tierische Gewebe eine gegenteilige Vermutung sehr naheliegend ist. Weit weniger bemerkenswert erscheint jedoch die grosse Widerstandsfähigkeit der Bakterien gegen die Röntgenstrahlen angesichts der Tatsache, dass Mikroorganismen zum Teil in erstaunlich geringem Masse exzessiven physikalischen Einflüssen trotzen, ohne dass eine Abtötung derselben erfolgte. So z. B. wurde experimentell nachgewiesen, dass Hefe nach 24stündigem Aufenthalt in einer Temperatur von — 11° C. noch lebensfähig war, während Milzbrandbazillen nach 24stündiger Einwirkung eines Druckes von 600 Atmosphären sich noch als virulent erwiesen.

Auf Grund obiger Untersuchungsresultate erscheint somit eine therapeutische Anwendbarkeit der Röntgenstrahlen zum Abtöten von Bakterien im menschlichen Organismus nicht angängig. Eine längere therapeutische Bestrahlung als in obigen Versuchen würde praktisch nicht in Betracht kommen, da einerseits die unvermeidliche Röntgendermatitis, besonders aber die oben angedeuteten Veränderungen innerer Organe einen Heilerfolg mehr als in Frage stellen würden.

Herrn Geheimrat von Strümpell spreche ich für die gütige Erlaubnis, dass ich die mitgeteilten Versuche im Röntgenlaboratorium der medizinischen Klinik anstellen durfte, und für die Übernahme des Referates meinen ergebensten Dank aus. Auch Herrn Privatdozenten Dr. Paul Krause danke ich bestens für die liebenswürdige Anleitung und Unterstützung bei der Ausführung der Arbeit

Literaturverzeichnis.

Beck und Schultz: Über die Einwirkung sog. monochromatischen Lichts auf die Bakterienentwickelung.
Zeitschrift für Hygiene und Infektionskrankheiten. 1896, Bd. 23, p. 490 ff.

Berton: Action des radiations de Roentgen sur le bacille diphtheritique.
La semaine medicale. 1896, p. 283.

Blaikie: zit. bei F. Rowland: Report on the application of the new photographic to medicine and surgery. British medicinal Journal. 1897, p. 1486.

Bonomo und Gros: Giorn med. 1897, Juni.

F. Berlioz: Compt. rend. Acad. d. sc. 1896, II. Bd., p. 109. Zit. bei L. Freund, Grundriss der Radiotherapie. 1903, p. 252.

Dollinger: Zweiter Bericht über die Arbeiten auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen in Frankreich.
Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen. Bd. II, S. 40.

Fiorentini und Luraschi: I raggi di Röntgen applicati alla Tuberculosi sperimentale.
Atti Assoc. medica Lombarda. 1897, No. 1. Ref. im Zentralbl. f. Bakteriologie. Bd. 21 (1897) p. 820.

Grunmach: Über die diagnostische und therapeutische Bedeutung der x-Strahlen für die innere Medizin und Chirurgie.
Deutsche med. Wochenschr. 1899, p. 604.

Holzknecht und Spieler: Sitzungsbericht aus dem Wiener med. Klub vom 30. Januar 1901.
Wiener med. Presse. 1901, No. 6.

Gotschlich: Die Absterbebedingungen der Mikroorganismen. Flügges Mikroorganismen, dritte Auflage, p. 433 ff.

Lortet und Genoud: Tuberculose expérimentale attenuée par les radiations de Röntgen.
La semaine medicale, p. 266.

Minck: Zur Frage über den Einfluss der Röntgenstrahlen auf Bakterien.
Münchener med. Wochenschr. 1896, No. 5.

Minck: Zur Frage über den Einfluss der Röntgenschen Strahlen auf Bakterien.
Münchener med. Wochenschr. 1896, No. 9.

Mühsam: Vortrag über seine Versuche mit Röntgenstrahlen bei experimenteller Tuberkulose.
Freie Vereinigung der Chirurgen Berlins, 10. Januar 1898. Referat in: „Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen", Bd. I.

Pfeiffer und Friedberger: Über die bakterientötende Wirkung der Radiumstrahlen.
Berliner klinische Wochenschr. 1903, No. 28.

Pott: The Lancet, 20. November 1897, zit. bei L. Freund, Grundriss der gesamten Radiotherapie, p. 252.

Rieder: Wirkung der Röntgenstrahlen auf Bakterien.
Münchener med. Wochenschr. 1898, No. 4.

Rieder: Weitere Mitteilung über die Wirkung der Röntgenstrahlen auf Bakterien sowie auf die menschliche Haut.
Münchener med. Wochenschr. 1898, No. 25.

Rieder: Nochmals die bakterientötende Wirkung der Röntgenstrahlen.
Münchener med. Wochenschr. 1902, No. 10.

F. Schaudinn: Über den Einfluss der Röntgenstrahlen auf Protozoen. Pflügers Archiv f. d. ges. Physiologie, p. 29.

Sabrazès und Rivière: Comptes rendus, Tome 6, XIV, No. 18 (3. Mai 1897), p. 979.

Sormani: Haben die Röntgenstrahlen irgend einen Einfluss auf Bakterien?
Giorn. della v. soc. et dig. Mai/Juni 1896. Referat in „Fortschritte", Bd. I.

Strebel: Zur Frage der lichttherapeutischen Leistungsfähigkeit des Induktionsfunkenlichts nebst Angabe einiger Versuche über die bakterienfeindliche Wirkung der Becquerelstrahlen.
„Fortschritte", Bd. III.

Wolfenden und Forbes-Ross: The effects produced in cultures of microorganisms and of tubercle bacilli by exposure to the influence of an x-ray tube.
Archiv of the Roentgen Ray, Bd. V, No. 1. August 1900. Referat in „Fortschritte", Bd. IV.

L. Freund: Grundriss der gesamten Radiotherapie. 1903.

Lebenslauf.

Ich, Martin, Wilhelm, Johannes, Albert Jastram, lutherischer Konfession, bin am 18. Oktober 1880 als Sohn des Lehrers und Organisten Heinrich Jastram und seiner Ehefrau Lisette, geb. Mahn, zu Semmerin bei Grabow in Mecklenburg-Schwerin geboren. Vom 9. bis zum 11. Lebensjahre besuchte ich das Realprogymnasium zu Grabow i/M., sodann das Friedrich-Franz-Gymnasium zu Parchim, welch letzteres ich Ostern 1900 mit dem Zeugnis der Reife verliess, um mich auf den Universitäten Kiel und Breslau dem Studium der Medizin zu widmen. Am 4. März 1902 bestand ich in Kiel das Tentamen physicum, am 12. April 1905 in Breslau das Staatsexamen, am 11. Oktober daselbst das Rigorosum. Vom 15. April bis zum 1. Juli 1905 war ich als Medizinalpraktikant an der hiesigen medizinischen Klinik tätig und bin seit dem 1. Juli d. J. Assistent am hygienischen Institut zu Breslau.

Während meiner Studienzeit besuchte ich die Vorlesungen und Kurse folgender Herren Professoren und Dozenten:

Biltz, Brandt, Claisen, Czerny, Dienst, Filehne, Flemming, Flügge, Groenouw, Hasse, Hensen, Heine, Henle, Henke, Hürthle, Kast †, Kausch, Krause, Küstner, Lenard, Ladenburg, von Mikulicz-Radecki †, Neisser, Ponfick, Reincke, Schaper †, von Spee, Stern, von Strümpell, Uhthoff, Wernicke †, Winckler.

Allen diesen Herren spreche ich hiermit meinen wärmsten Dank aus.

Thesen.

1. Die einwandsfreie Diagnose der Cholera asiatica ist nur auf Grund bakteriologischer Untersuchung zu stellen.
2. Die von seiten eines Arztes ausgeführte innere Untersuchung einer Kreissenden mit blosser Hand muss nach dem Stande der modernen Gynäkologie als Kunstfehler angesehen werden.